

На правах рукописи



ПЛЮСНИН Алексей Владимирович

**СОСТАВ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВЕНДСКИХ
ТЕРРИГЕННО-КАРБОНАТНЫХ ТОЛЩ
ЮГА НЕПСКО-БОТУОБИНСКОЙ АНТЕКЛИЗЫ**

Специальность 25.00.01. – общая и региональная геология

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата геолого-минералогических наук

Иркутск-2022

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте земной коры Сибирского отделения Российской академии наук.

Научный руководитель **Мотова Зинаида Леонидовна** кандидат геолого-минералогических наук, научный сотрудник лаб. палеогеодинамики ИЗК СО РАН

Официальные оппоненты **Корольков Алексей Тихонович**, доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры «Динамической геологии» Иркутского государственного университета, г. Иркутск
Кочнев Борис Борисович, кандидат геолого-минералогических наук, старший научный сотрудник лаборатории палеонтологии и стратиграфии докембрия ИНГГ СО РАН, г. Новосибирск

Ведущая организация: ФГБУН Геологический институт им. Н.Л. Добрецова Сибирского отделения Российской академии наук (ГИН СО РАН), г. Улан-Удэ

Защита диссертации состоится «8» сентября 2022 года в 10-00 часов на заседании диссертационного совета Д. 003.022.02 при ФГБУН ИЗК СО РАН по адресу: 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке ИЗК СО РАН и на сайте:

<http://www.crust.irk.ru/images/upload/newsfull219/3341.pdf>

Отзывы на автореферат в 2-х экземплярах, заверенные печатью учреждения, просим направлять ученому секретарю совета к.г.-м.н. Б.С. Данилову по адресу: 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 128, или e-mail: boris@crust.irk.ru

Автореферат разослан « » июня 2022 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета Д. 003.022.02

кандидат геолого-минералогических наук



Б.С. Данилов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Литолого-фациальные, петрографические, литогеохимические и геохронологические исследования терригенных пород позволяют восстановить этапы формирования и проследить эволюцию осадочных бассейнов. Объектами комплексного исследования стали терригенные отложения венда юга Непско-Ботуобинской антеклизы юго-восточной части Сибирской платформы.

Актуальность работы

Всесторонние исследования вендских терригенных толщ Непско-Ботуобинской антеклизы представляют особый интерес в связи с их нефтегазоносностью. Вещественные характеристики этого стратиграфического интервала, фациальные переходы, секвенс-стратиграфический, литогеохимический и геохронологический анализы имеют особую значимость. Результаты исследований вендских терригенных пород Непско-Ботуобинской антеклизы, проведенных с привлечением как классических, так и современных прецизионных методик, позволят получить новые данные об их составе и возрасте, а также реконструировать геодинамические условия формирования этих отложений что, в дальнейшем, может быть использовано как при прогнозировании залежей углеводородного сырья и проведении геологоразведочных работ, так и при широких палеогеографических реконструкциях.

Цели и задачи исследования

Целью исследования явилось комплексное изучение терригенных отложений венда для уточнения условий формирования, и установления составов и возраста пород источника сноса с последующей реконструкцией геодинамических обстановок, контролировавших процесс накопления вендских терригенных толщ Непско-Ботуобинской антеклизы.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Выполнить литолого-фациальный анализ керна скважин и привести характеристику основных обстановок осадконакопления. Построить концептуальную секвенс-стратиграфическую модель.
2. Выполнить петрографические, минералогические и литогеохимические исследования, для выявления особенностей состава исследуемых пород изучаемых свит.
3. Установить состав пород в области питающей провинции с использованием петрографических, минералогических и

литогеохимических данных, полученных в ходе настоящего исследования.

4. Провести геохронологические исследования детритовых цирконов U-Pb методом из терригенных отложений и установить основные возрастные популяции.

5. Восстановить геодинамические режимы бассейна седиментации вендских осадочных толщ и возраст пород в области сноса для терригенных отложений с использованием полученных результатов по комплексу методов (секвенс-стратиграфия, петрография, литогеохимия и геохронология).

Личный вклад соискателя

Работа выполнена на основе исследований терригенно-карбонатных отложений венда Непско-Ботуобинской антеклизы, проведённых при участии автора в течение 2016–2022 гг. В ходе данных работ были изучены терригенно-карбонатные породы непской и тирской свит по керну скважин и данным промысловой геофизики.

Научная новизна

1. Исследования автора являются новым этапом изучения Непско-Ботуобинской антеклизы, который характеризуется высокими объемами бурения, непрерывным отбором керна большого диаметра без его потери в интересующих стратиграфических интервалах. Следовательно, повышена детальность освещенности разреза.

2. На основании литолого-фациальных исследований, проведена генетическая типизация пород, интерпретация обстановок их формирования, а также разработана иерархическая схема фаций для терригенно-карбонатных отложений венда.

3. Впервые для Непско-Ботуобинской антеклизы построена секвенс-стратиграфическая модель непских и тирских отложений.

4. Установлены основные этапы развития бассейна седиментации в непское и тирское время.

5. Впервые проведены детальные петрографические, минералогические, лито-геохимические и геохронологические исследования вендских терригенных пород юга Непско-Ботуобинской антеклизы.

6. Определены составы и возрасты пород в области питающих провинций.

Практическая значимость

Разработана генетическая систематика разномасштабных седиментационных объектов, составлены фототаблицы фаций вендских терригенно-карбонатных отложений Непско-Ботуобинской антеклизы. Данная часть работы является своего рода атласом фаций и может быть использована исследователями при проведении работ в данном регионе. Применение секвенс-стратиграфического анализа позволило построить и описать концептуальную фаціальную модель непской и тирской свит, как вертикальную последовательность четырех секвенсов, имеющих закономерную внутреннюю структуру. Коллектора углеводородов приурочены к гравелитам и песчаникам трактов низкого стояния уровня моря, а также песчаникам трактов высокого стояния уровня моря. Новые данные, полученные в ходе выполнения работы, могут быть использованы как при прогнозировании залежей углеводородного сырья, так и при межрегиональных стратиграфических корреляциях и широких палеогеографических реконструкциях позднедокембрийских осадочных комплексов Сибирской платформы.

Защищаемые положения:

1. Разрезы непской и тирской свит состоят из четырех секвенсов, системные тракты которых отвечают циклам относительных колебаний уровня моря и отражают переход от терригенной (непской) к терригенно-карбонатной (тирской) молассе, что свидетельствует о общей трансгрессии моря, охватившую юг Сибирской платформы в позднем венде, максимум которой пришелся на тирское время.

2. Для ранненепских осадочных пород реконструируются источники смешанного (кислого и основного) состава, а для поздненепских и тирских осадочных отложений фиксируется преобладание в области источника пород кислого состава.

3. Источниками обломочного материала для непской и тирской свит юга Непско-Ботуобинской антеклизы являлись породы фундамента Сибирской платформы и прилегающих областей Центрально-Азиатского складчатого пояса.

Апробация работы

По результатам исследования опубликовано 18 работ: 11 статей в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень WoS, Scopus, RSCI и ВАК при Минобрнауки и 7 материалов

совещаний и тезисов докладов. Основные положения и результаты исследований докладывались на всероссийских и международных научно-практических конференциях, в том числе: EAGE «Природные процессы в нефтегазовой отрасли» (Тюмень, 2017); VII Всероссийском литологическом совещании (Екатеринбург, 2018); конференции «Новая идея» на лучшую научно — техническую разработку ТЭК (Москва, 2018); EAGE 8-й международной геолого-геофизической конференции «Инновации в геонауках — время открытий» (Санкт-Петербург, 2018); конференции студентов и молодых ученых «Нефть и Газ» (Москва, 2019); конференции EAGE «Горизонтальные скважины» (Калининград, 2019); тектоническом совещании «Фундаментальные проблемы тектоники и геодинамики» (Москва, 2020); конференции EAGE «ГеоБайкал» (Иркутск, 2020); Всероссийское совещание «Фундаментальные проблемы изучения вулканогенно-осадочных, терригенных и карбонатных комплексов» (Москва, 2021) и др.

Структура и объем работы

Работа состоит из введения, пяти глав, заключения и библиографического списка. Объем работы: 122 страниц, включает 53 рисунка, 2 таблицы и приложения (4 таблицы).

Благодарности

Автор выражает глубокую признательность и сердечную благодарность своему научному руководителю З.Л. Мотовой, а также выражает благодарность за консультации, рекомендации и ценные советы при подготовке работы профессору кафедры региональной геологии и истории Земли МГУ Л.Ф. Копаевич и старшему научному сотруднику «ПермНИПИнефть» А.И. Сулиме. Своим первым учителям в клубе юных геологов г.Перми: Л.А. Работе, Я.Ш. Брянскому, Р.А. Лядовой, Л.Е. Жадановой и др. за то, что заразили «геологической романтикой», преподали основы геологии, научили самостоятельно работать и ценить время; а также коллективу кафедры региональной и нефтегазовой геологии ПГНИУ в лице Т.В. Карасевой, М.Н. Черных и др. Коллективу ООО «ЛУКОЙЛ-Инжиниринг» филиал «ПермНИПИнефть» в лице Т.И. Коршуновой, Н.А. Попову, М.С. Сергееву и др. Коллективу ООО «ТННЦ» в лице: Н.В. Насоновой, А.П. Вилесова, М.В. Лебедева, А.И. Кудаманова, А.В. Храмцовой, Н.А. Аипова, О.В. Неделько, А.П. Черепковой и др. Коллективу ООО «ИНК» в лице Е.В. Никулина, М.Ю. Никулиной, М.И. Гёкче, О.А. Лукьяновича и др.

Коллективу АО «СНИИГГиМС» в лице Н.А. Ивановой. Коллективу центра коллективного пользования «АЦГПС» НИ ТГУ в лице А.В. Хитаровой и И.В. Афонина. Также автор хочет поблагодарить иркутских геологов в лице: Ю.А. Агафонова, О.В. Токаревой, Р.Р. Валеева и И.К. Семинского. Автор выражает благодарность родителям и своей супруге за терпение и всестороннюю поддержку во время написания работы.

ГЛАВА 1. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ РАЙОНА РАБОТ

Первые исследования территории начались еще со второй половины XIX века с геологического картирования. Наибольшая активность приходится на конец 70-х — начало 80-х годов XX столетия и связана с проведением поисковых геологоразведочных работ на нефть и газ. Непско-Ботуобинская антеклиза была выделена в 1975 году [Непско-Ботуобинская антеклиза..., 1986]. Она осложнена двумя основными положительными структурами I порядка – Непским сводом и Мирнинским выступом. Расположена в пределах Предпатомского осадочного бассейна.

Район исследований расположен на юго-востоке Сибирской платформы, юге Непско-Ботуобинской антеклизы. Он приурочен к Непско-Ботуобинскому внутреннему фациальному району и располагается на юге Приленско-Непской фациальной зоны. В районе также выделена Гаженская и Ботуобинская фациальные зоны [Мельников, 2018 и др.] (рис. 1).

Изученный стратиграфический интервал, согласно принятой стратиграфической схеме [Решения..., 1989], соответствует объёму непского и тирского горизонтов. Выше по разрезу отложения тирского горизонта перекрываются карбонатными отложениями даниловского горизонта. Согласно биостратиграфическим и изотопно-хемостратиграфическим исследованиям непский и тирский горизонт отнесен к верхнему отделу венда. На изученной территории фиксируются следующие стратиграфические несогласия: в подошве непского (преднепское), внутри непского (внутринепское), в подошве тирского (предтирское) и даниловского (предданиловское) горизонтов (рис. 2).

Непская свита подразделяется на две подсвиты (нижненепская и верхнепская), каждая из которых снизу-вверх представлена переходом от грубозернистых терригенных пород к мелкозернистым и до алевролитов и аргиллитов. Мощность свиты до 150 м. К гравелитам и песчаникам нижнепской подсвиты приурочен безымянный продуктивный горизонт, а к песчаникам верхнепской подсвиты - ярактинский.

Тирская свита подразделяется на две подсвиты (нижнетирскую и верхнетирскую), каждая из которых снизу вверх представлена переходом от терригенных к глинисто-сульфатно-карбонатным смешанным породам. Мощность свиты до 70 м. К песчаникам нижнетирской подсвиты приурочен парфеновский, а к верхнетирской - верхнетирский продуктивные горизонты.

ГЛАВА 2. МЕТОДИКИ ИЗУЧЕНИЯ ТЕРРИГЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

В работе представлены результаты комплексных исследований терригенно-карбонатных отложений непской и тирской свит, проведенные автором в течение 2016–2022 гг. В ходе исследования был выполнен комплекс литолого-фациальных и секвенс-стратиграфических исследований. Всего описано 20 скважин с суммарным выносом керна порядка 500 м. В работе приведены результаты исследований 8 скважин, по которым производился отбор керна для разностороннего изучения. Для решения поставленных задач было изучено более 100 петрографических шлифов в АО «СНИИГГиМС» по методике НСОММИ МР № 184.

В лаборатории Томского регионального центра коллективного пользования Национального исследовательского Томского государственного университета были выполнены:

- полуколичественный иммерсионный минералогический анализ тяжелой фракции терригенных пород в количестве 13 проб по методике НСОММИ МР 158;

- определение основных петрогенных оксидов выполнено в количестве 54 пробы, атомно-эмиссионным методом согласно методике НСАМ 487-ХС на эмиссионном спектрометре с индуктивно-связанной плазмой (Termo Fisher Scientific, США);

- анализ концентраций примесных и микропримесных элементов (с содержанием <5%) произведен для 54 проб и

выполнялся методом ICP-MS на квадрупольном масс-спектрометре Agilent 7500cx (Agilent Technologies Inc., США).

Геохронологические (U-Pb) исследования детритовых цирконов проведены для 4 проб в Лаборатории геохронологии и геодинамики Томского государственного университета методом (LA-ICP-MS) на квадрупольном масс-спектрометре с индуктивно-связанной плазмой Agilent 7900 и системе лазерной абляции с эксимерным (ArF) лазером Analyte Excite (Teledyne CETAC Technologies, США). Обработка выполненных измерений выполнена с использованием программного пакета Dezirteer [Powerman, et al, 2018].

ГЛАВА 3. ЛИТОЛОГО-ФАЦИАЛЬНЫЙ И СЕКВЕНС-СТРАТИГРАФИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ НЕПСКОЙ И ТИРСКОЙ СВИТ

В результате проведённых литолого-фациальных исследований установлено, что изучаемые отложения накапливались в континентальных, переходных и мелководно-морских обстановках осадконакопления. Автором структурированы представления о фациальной принадлежности изучаемых отложений: выделены 8 макрофаций: элювиальные, пролювиальные (конусы выноса), флювиальные (речные), озерные; приливно-отливные, дельтовые (приливно-отливного типа); пляжа и подводного берегового склона и шельфовые. В каждой макрофации выделен типовой ряд фаций, состоящих из наборов, определенных литогенетических типов пород. Всего описано 37 ЛГТ. Представлено их латеральное распределение по описанным выше обстановкам осадконакопления. Составлены фототаблицы с характерными текстурами, которые могут являться атласом-определителем по вендским отложениям изученного района.

На основании секвенс-стратиграфического анализа керна скважин автором впервые представлена концептуальная секвенс-стратиграфическая модель непской и тирской свит, состоящая из четырех секвенсов, связанных с циклами относительного колебания уровня моря (рис. 3).

Нижненепская подсвета. Ее объёму соответствует выделенный секвенс SQ1, образующий базальную часть осадочного чехла, который залегает на породах коры выветривания и фундаменте. Подошва секвенции отвечает преднепскому стратиграфическому несогласию. Секвенс состоит из трех

системных трактов, которые характеризуются латеральной и вертикальной сменой континентальных (флювиальные макрофации), переходных (приливно-отливные макрофации) и мелководно-морских (макрофации пляжа и подводного берегового склона) обстановок осадконакопления.

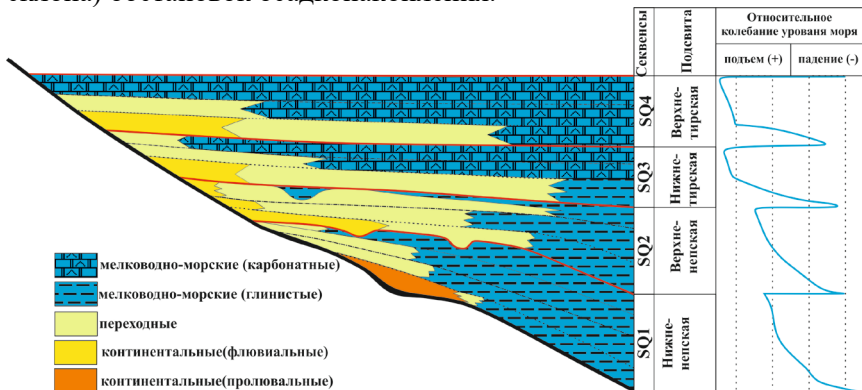


Рисунок 3. Концептуальная секвенс-стратиграфическая модель непских и тирских отложений юга Непско-Ботубинской антеклизы.

Верхнепесчаная подсвита соответствует *секвенсу SQ2*, залегает на породах нижнепесчаной подсвиты или коре выветривания и фундамента. Подошва секвенции отвечает внутринепскому стратиграфическому несогласию. Секвенс состоит из трех системных трактов, которые характеризуются латеральной и вертикальной сменой континентальных (флювиальные макрофации), переходных (дельтовых макрофации) и мелководно-морских (макрофации пляжа и подводного берегового склона) обстановок осадконакопления.

Нижнетирская подсвита выделена в объеме *секвенса SQ3*, залегает на породах непской свиты. Подошва секвенции отвечает предтирскому стратиграфическому несогласию. Секвенс состоит из трех системных трактов, которые характеризуются латеральной и вертикальной сменой континентальных (флювиальные макрофации), переходных (приливно-отливные макрофации) и мелководно-морских (макрофации пляжа и подводного берегового склона, шельфа) обстановок осадконакопления. Вверх по разрезу на трансгрессивном системном тракте и тракте высокого стояния уровня моря начинают преобладать карбонатные мелководно-

морские отложения. Таким образом, фиксируется смена терригенного осадконакопления на преимущественно карбонатное, что свидетельствует о важной смене режима бассейна седиментации. Это может быть связано с тем, что объёмы поступления терригенного материала резко сократились, продолжавшаяся трансгрессия моря способствовала началу карбонатного осадконакопления.

Верхнетирская подсвита выделена в объёме *секвенса SQ4*, залегает на породах нижнетирской подсвиты. Подошва секвенса отвечает внутритирскому стратиграфическому несогласию, характерному для южной части Приленско-Непской фациальной зоны. Секвенс состоит из трех системных трактов, которые характеризуются латеральной и вертикальной сменой континентальных (флювиальные макрофации), переходных (приливно-отливные макрофации) и мелководно-морских (шельфовые макрофации) обстановок осадконакопления.

ГЛАВА 4. ПЕТРОГРАФИЧЕСКАЯ, МИНЕРАЛОГИЧЕСКАЯ И ГЕОХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРРИГЕННЫХ ПОРОД

В ходе проведенных петрографических исследований установлено, что в минеральном составе пород изученных свит преобладают кварц и полевые шпаты. Содержание слюд достигает 4 %. На классификационной диаграмме Н.В. Логвиненко образцы терригенных пород нижненепской подсвиты отвечают грауваккам, аркозо-грауваккам и аркозам. Точки составов верхненепской подсвиты и тирской свиты располагаются преимущественно в поле значений полевошпат-кварцевых песчаников. Обломки пород в непской свите представлены микрокварцитами, кварцитами, и кремнисто-слюдястыми сланцами. В тирской свите преобладают обломки микрокварцитов и кремнисто-слюдястых сланцев.

Снизу вверх по разрезу непской свиты отмечается смена степени сортировки и окатанности пород от плохой до средней, что свидетельствует о малой дальности переноса обломочного материала. Здесь отмечается наличие глинистого (гидроslюдистого) пленочного, регенерационного кварцевого, сульфатно-карбонатного, галитового и др. цемента. В результате петрографических исследований и иммерсионного анализа терригенных пород нижненепской подсвиты, были диагностированы минералы тяжелой фракции, характерные для

магматических пород кислого и основного состава. Для терригенных пород верхненепской подсвиты были диагностированы минералы преимущественно гранитной специфики.

Вверх по разрезу тирской свиты наблюдается увеличение степени сортировки и окатанности обломочного материала, что указывает на увеличение дальности переноса обломочного материала в бассейн седиментации этой свиты. Цементы идентичны вышеописанным в непской свите. Диагностированы минералы тяжелой фракции, характерные для кислых магматических пород.

Генетическая типизация терригенных пород непской и тирской свит, проведенная с использованием системы петрохимических модулей по [Юдович, Кетрис, 2000], позволила аттестовать их как петрогенные осадочные образования, т.е. породы, образованные за счет разрушения первично-магматических и метаморфических пород.

Анализ спектров распределения редкоземельных элементов (РЗЭ) показал, что для изученных пород нижненепской подсвиты фиксируется как наличие отрицательной европиевой аномалии, так и ее отсутствие. Породы верхненепской подсвиты, а также тирской свиты обнаруживают отчетливую европиевую аномалию.

Таким образом, характер распределения спектров РЗЭ подтверждает ранее сделанные выводы о смешанном составе пород в области источника для отложений нижненепской подсвиты и преимущественно кислом составе пород в источнике обломочного материала для отложений верхненепской подсвиты и тирской свиты.

ГЛАВА 5. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЕТРИТОВЫХ ЦИРКОНОВ ИЗ ТЕРРИГЕННЫХ ПОРОД

Геохронологические (U-Pb) исследования детритовых цирконов из терригенных отложений непской и тирской свит южной части Непско-Ботуобинской антеклизы проведены впервые. В результате этих исследований, для всех изученных стратоподразделений, были получены как архейские, так и ранне- и позднепротерозойские оценки возраста детритовых цирконов. На (рис. 4) приведено сопоставление полученных результатов U-Pb (LA-ICP-MS) исследования возраста детритовых цирконов из терригенных отложений ниже- и верхненепской и ниже-

верхнетирской подсвит с опубликованными результатами по изучению возраста цирконов из магматических и метаморфических пород, слагающих террейны, входящих в структуру северного сегмента Центрально-Азиатского складчатого пояса (по [Donskaya et al., 2017 и ссылки в ней], а также с оценками возраста пород, слагающих фундамент южной окраины Сибирского платформы (по [Rojas-Agramonte et al., 2011])).

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что в области источника обломочного материала вендских терригенных толщ юга Непско-Ботуобинской антеклизы разрушались как породы фундамента Сибирской платформы, так и магматические и метаморфические образования прилегающих областей Центрально-Азиатского складчатого пояса.

Таким образом, накопление терригенных пород непской свиты происходило в результате заполнения осадками дна бассейна за два цикла (SQ1 и SQ2) колебания относительного уровня моря. В бассейн седиментации обломочный материал поступал как за счет разрушения архейских (32% оценок возраста детритовых цирконов) и раннепротерозойских (44% оценок возраста) магматических и метаморфических пород фундамента Сибирской платформы, так и при участии позднепротерозойских (24% оценок возраста) пород северного сегмента Центрально-Азиатского складчатого пояса.

Седиментация пород тирской свиты происходила в результате заполнения осадками дна бассейна за два цикла (SQ3 и SQ4) колебания относительного уровня моря. При этом в тирское время начинают преобладать глинисто-сульфатно-карбонатные мелководно-морские (шельфовые макрофации), песчаники приурочены только к трактам низкого стояния уровня моря. В области источника наблюдается существенное уменьшение количества архейских пород фундамента (12% оценок возраста детритовых цирконов), при этом отмечается увеличение вклада раннепротерозойских (43% оценок возраста детритовых цирконов) и позднепротерозойских источников (45% оценок возраста детритовых цирконов).

U-Pb (LA-ICP-MS) геохронологические исследования детритовых цирконов позволили ограничить время накопления изученных толщ. Конкордантное значение возраста, полученное по наиболее молодому циркону в нижненепской подсвите (774 ± 9 млн лет), позволяет ограничить время накопления этих пород не древнее

позднего рифея. В отложениях верхненепской подсвиты и тирской свиты возраст самого молодого детритового циркона составил 635 ± 3 млн лет, что позволяет ограничить время седиментации этих пород не древнее раннего венда.

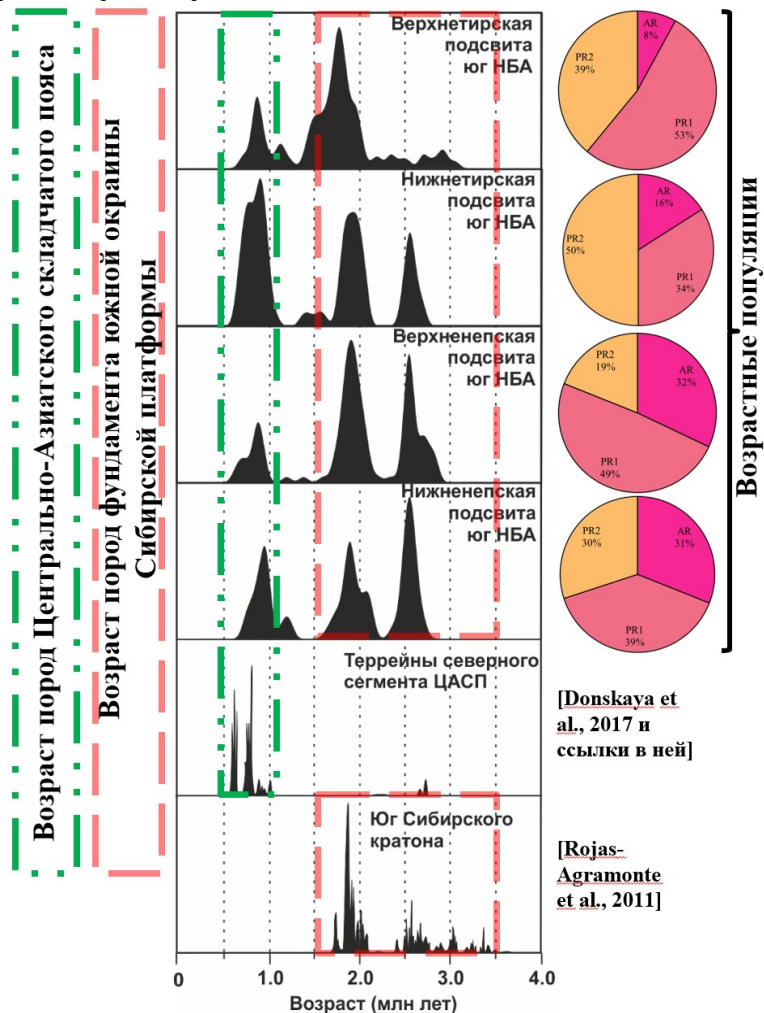


Рисунок 4. Сопоставление возрастных спектров для обломочных цирконов непского и тирского горизонтов внутренних районов Сибирской платформы со спектрами по террейнам Центрально-Азиатского складчатого пояса и фундаменту южной окраины Сибирского платформы.

Геодинамические условия формирования. Согласно современным представлениям, в позднем рифее, пассивная континентальная окраина Сибирской платформы была преобразована в активную, с образованием форландового бассейна [обзор в Gladkochub et al., 2019]. В это время происходило закрытие Палеоазиатского океана вдоль южной окраины Сибири, была сформирована серия прогибов, снос обломочного материала в которые происходил как с территории Сибирской платформы, так и с орогена [Powerman et al, 2015; Gladkochub et al., 2019 и ссылки в этих работах].

Поздняя фаза закрытия океанического бассейна, связанного с субдукцией океанической коры и формированием орогенного пояса, обычно характеризуется переходом от остаточных бассейнов к периферийным осадочным бассейнам. При этом, в остаточных бассейнах обычно накапливаются преимущественно континентальные (непская свита) и мелководно-морские (тирская свита) молассы. Моласса включает отложения крупных пролювиальных конусов выноса, фэн-дельт, речных, озерных и мелководно-морских обстановок [Einsele, 2000], которые как раз и характеризуют разрез непской и тирской свит [Плюснин, Гекче, 2020; Плюснин и др., 2020].

Предполагается, что седиментация нижнепесочной подсвиты происходила в остаточном бассейне, при этом снос обломочного материала осуществлялся как с Сибирского континента, так и с орогена. Далее, происходила трансформация в периферийный осадочный бассейн, накапливались породы верхнепесочной подсвиты, затем имела место трансгрессия моря, что способствовало седиментации преимущественно карбонатных пород тирской свиты.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Наиболее важные результаты исследования:

1. В результате литолого-фациального анализа керна структурированы представления о фациальной принадлежности изученных отложений. Формирование пород происходило в переходных условиях от мелководно-морских до континентальных.
2. На основании секвенс-стратиграфического анализа керна скважин и региональной корреляции впервые представлена концептуальная секвенс-стратиграфическая модель непской и тирской свит, состоящая из четырех секвенсов связанных с циклами

относительного колебания уровня моря. К подошвам секвенсов приурочены стратиграфические несогласия (преднепское, внутринепское, предтирское, внутритирское), не противоречащее текущим представлениям. Стратиграфическое несогласие в подошве SQ4 для юга Приленско-Непской СФЗ выделено впервые. Непские секвенсы - терригенные. Уже в секвенсе SQ3, выделенном в разрезе нижнетирской подсвиты, происходит смена терригенного осадконакопления на преимущественно карбонатное, что свидетельствует о смене режима бассейна седиментации. Это может быть связано с тем, что объёмы поступления терригенного материала резко сократились, продолжавшаяся трансгрессия моря способствовала началу карбонатного осадконакопления.

3. В результате петрографического исследования шлифов, иммерсионного анализа и литогеохимических исследований сделаны следующие выводы:

- источником обломочного материала для отложений нижнепской подсвиты являлись породы смешанного состава, для отложений верхнепской подсвиты – преимущественно кислого состава;

- источником обломочного материала для отложений тирской свиты являлись породы преимущественно кислого состава.

4. На основании результатов геохронологических (U-Pb) исследований сделан следующий вывод:

- в непский и тирский бассейн седиментации поступал обломочный материал, как за счет разрушения магматических и метаморфических пород фундамента Сибирской платформы, так и за счет разрушения пород Центрально-Азиатского складчатого пояса. В породах непской свиты преобладают раннепротерозойские и архейские возрастные популяции детритовых цирконов над позднепротерозойскими. Для пород тирской свиты обнаруживается преобладание ранне- и позднепротерозойских возрастных популяций детритовых цирконов.

Таким образом, совокупность вещественных характеристик непской и тирской свит, а также результаты изучения возраста детритовых цирконов, с учетом опубликованных данных о литолого-фациальных особенностях этих пород, позволили предположить, что седиментация нижнепской подсвиты происходила в остаточном бассейне, при поступлении обломочного материала как с Сибирского континента так и с орогена,

сформированного в результате вендских аккреционно-коллизионных событий, известных вдоль юга Сибири, и, в настоящее время, входящего в структуру северного сегмента Центрально-Азиатского складчатого пояса. Затем, имела место трансформация в периферийный осадочный бассейн, при этом накапливались породы верхненепской подсвиты. Далее произошла трансгрессия моря, и накапливались преимущественно карбонатные породы тирской свиты.

Список статей, опубликованных по теме диссертации:

1. **Plyusnin A.V.** New data on the lithologic-facies structure of the botuobinsk productive horizon of the sredne-botuobinsk field (Eastern Siberia, Nepa-Botuobin anticline, botuobin facial zone) // Saint Petersburg 2018: Innovations in Geosciences - Time for Breakthrough. 2018. N 44481.
2. **Плюснин А.В.** Концептуальная седиментологическая модель ботуобинского продуктивного горизонта Среднеботуобинского месторождения // Вестник Воронежского Государственного Университета. Серия: Геология. 2019. С. 61-69.
3. **Плюснин А.В.,** Неделько О.В., Вилесов А.П., Черепкова А.А., Максимова Е.Н. Секвенс-стратиграфическая модель непской и тирской свит венда центральной части Непского свода (Непско-Ботуобинская антеклиза, Сибирская платформа) // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2019. Т.14. №2. 30 с.
4. **Плюснин А.В.** Модель строения венда северо-восточной части Непско-Ботуобинской антеклизы по результатам изучения опорных разрезов и секвенс-стратиграфического моделирования Непского свода и Мирнинского выступа // Нефтегазовая геология. Теория и практика. 2019. Т.14. №3. 39 с.
5. **Плюснин А.В.** Вещественный состав курсовской свиты венда Мирнинского выступа Непско-Ботуобинской антеклизы по результатам изучения кернового материала // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. Москва. 2019. № 6. С. 45-52.
6. **Плюснин А.В.** Гёкче М.И. Состав и строение непского и тирского горизонтов Приленско-Непской литолого-фациальной зоны Непско-Ботуобинской антеклизы по результатам изучения кернового материала // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2020. №1. С. 75-89.
7. **Плюснин А.В.,** Ибрагимов Р.Р., Гёкче М.И. История геологического развития юга Непско-Ботуобинской антеклизы в непское и тирское время // Нефтяное хозяйство. 2020. № 9. С. 21-25.
8. Гёкче М.И., **Плюснин А.В.** Импактный кратер Непский-1 и осадки, выполняющие его на поверхности фундамента Сибирской платформы // Геодинамика и Тектонофизика. 2020. №11(4). С. 710-721.
9. **Плюснин А.В.,** Копасвич Л.Ф. Секвенс-стратиграфия верхнего венда северо-востока Непско-Ботуобинской антеклизы Сибирской платформы (на основе изучения керна скважин и анализа ГИС) // Вестник МГУ. Серия Геология. 2021. №2. С. 11–19.

10. Мотова З.Л., **Плюснин А.В.**, Никулин Е.В. Литолого-фациальные особенности, вещественный состав и условия седиментации терригенно-карбонатных пород мотской серии ("Шаманский утес", Иркутское Присяянье) // Геодинамика и Тектонофизика. 2021. №3. С. 628-644.
11. **Plyusnin A.V.**, Koraevich L.F. A Sequence-Stratigraphic Analysis of the Upper Vendian of the Northeastern Part of the Nepa–Botuoba Antecline of the Siberian Platform Based on the Study of Cores and Analysis of the GWL Data. Moscow Univ. Geol. Bull. 2021. V.76(3). P. 247–256.

Список основных докладов и тезисов:

12. **Плюснин А.В.** Продуктивные песчаники ботуобинской подсвиты: новый взгляд на условия седиментации и строение (Восточная Сибирь, ботуобинская фациальная зона) // Природные процессы в нефтегазовой отрасли. Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции Студенческого отделения европейской ассоциации геоученых и инженеров. Тюмень, 2017. С. 106-110.
13. **Плюснин А.В.** Литолого-фациальная характеристика новых продуктивных и маркирующих пластов Среднеботуобинского месторождения (Сибирская платформа) // Осадочная геология Урала и прилежащих регионов: сегодня и завтра. Материалы 12 Уральского литологического совещания. Екатеринбург: ИГ УрО РАН, 2018. С. 261-264.
14. **Плюснин А.В.** Применение комплексирования геолого-геофизической информации для уточнения геологического строения и прогноза качества коллекторов на примере месторождения в Восточной Сибири // Всероссийский конкурс «Новая идея» на лучшую научно-техническую разработку среди молодежи предприятий и организаций топливно-энергетического комплекса проводится под эгидой Министерства энергетики Российской Федерации. М.: 2019. С. 139-140.
15. **Плюснин А.В.**, Вахрушева И.А., Гельманов Я.И., Вилесов А.П. Опыт изучения керна из горизонтального ствола скважин, пробуренных в «терригенном» венде Восточной Сибири // EAGE. Горизонтальные скважины. Калининград: 2019. 4 с.
16. **Плюснин А.В.**, Гёкче М.И. Первые данные об обнаружении импактной структуры на поверхности фундамента юга Сибирской платформы (кратер Непский-1) // в кн. "Фундаментальные вопросы тектоники и геодинамики". Т. 2. Мат. ЛП Тектонического совещания. М.: "ГЕОС". 2020. С. 157-161.
17. **Плюснин А.В.** Строение сульфатно-карбонатно-терригенной формации вендского палеобассейна Непско-Ботуобинской антеклизы Сибирской платформы по результатам изучения керна скважин // Фундаментальные проблемы изучения вулканогенно-осадочных, терригенных и карбонатных комплексов. М.: "ГЕОС", 2020. С. 180-184.
18. Мотова З.Л., **Плюснин А.В.**, Донская Т.В., Гладкочуб Д.П., Хубанов В.Б. Возраст и условия седиментации терригенно-карбонатных пород мотской серии (Иркутское Присяянье) //Стратиграфия верхнего докембрия: проблемы и пути решения. Санкт-Петербург, 2021. С. 125-128.